

**Raquel Gil Montero\***

## **Tecnología minera en los siglos XVI-XIX: una perspectiva comparada<sup>1</sup>**

### **Introducción**

A fines del siglo XVIII el rey de España decidió contratar una comisión de expertos alemanes con el fin de asesorar en temas mineros y metalúrgicos en las colonias americanas, como la mejora en la técnica de la amalgama, la incorporación de nuevos procedimientos de trabajo subterráneo y la resolución de los problemas que presentaba la mina de azogue de Huancavelica. La tecnología alemana era considerada en ese momento como la más avanzada y, en alguna medida, el modelo a seguir. Hasta la llegada de esa comisión, las tecnologías minera y metalúrgica de Europa y de América no se habían desarrollado en forma paralela sino divergente. Lo primero que se destaca en la comparación de estas tecnologías es que mientras que en Europa Central en general -donde la minería se desarrolló en forma significativa en aquellos siglos- se realizaron muchas innovaciones importantes relacionadas con la extracción del mineral y del desagüe de las minas, en las técnicas de fundición no se produjeron cambios muy significativos. Lo contrario ocurría en los virreinos de Nueva España y del Perú, ya que la mayor parte de las innovaciones estaban concentradas en el procesamiento del mineral para separar la plata, procesamiento conocido como “beneficio”, particularmente en mejorar la técnica de la amalgama. La discusión historiográfica latinoamericanista, y en particular la que refiere a la comparación con Europa, se ha centrado mayoritariamente en el desarrollo de la tecnología del beneficio, incluyendo algunos de los aportes locales, como por ejemplo el del uso de las *guayras* (hornos de fundición andinos). La tecnología aplicada dentro de las minas, en cambio, ha sido hasta el momento mucho menos estudiada.

---

\* Instituto Superior de Estudios Sociales (CONICET-UNT).

<sup>1</sup> Algunas de las afirmaciones de este trabajo surgieron de conversaciones con Pablo Cruz y Diego Salazar, y de un trabajo inicial con Jon Mathieu, a quienes les agradezco sus comentarios y aportes. La investigación fue realizada con financiamiento de una beca Thyssen-Humboldt en Alemania y de un subsidio de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT 2007-00426).

El objetivo central de este trabajo es analizar con detalle este último desarrollo tecnológicos menos conocido en los Andes, con énfasis en dos aspectos: la cronología y el aporte local. Este énfasis se basa en dos supuestos: primeramente consideramos que el cambio tecnológico o la aplicación de tecnología no tuvo un desarrollo lineal y que por ello es importante atender la cronología y las coyunturas. Segundo, sabemos que los principales trabajadores fueron los indígenas, muchos de los cuales habían sido anteriormente mineros y otros aprendieron principalmente en Potosí. Este aporte local es muchas veces invisible, aunque importante de distinguir.

El texto se estructura, en parte, en torno a la expedición de los expertos alemanes y a su visión de la minería andina, que sirve como puente entre las dos geografías. Tras un primer apartado que da cuenta de los avances historiográficos más destacados, describimos luego el contexto europeo que entendemos es la fuente de donde abrevaron quienes vinieron a trabajar a América. La situación de la minería andina es analizada a través de dos miradas diferentes: la de los expertos alemanes y la de los mineros locales. En las conclusiones ponemos en conjunto estos debates y avances en la investigación, los caminos sugeridos para analizar el aporte local, y algunas explicaciones del porqué del desarrollo tecnológico divergente.

## **La historiografía del desarrollo tecnológico**

La tecnología aplicada al beneficio de los metales ha sido el centro del interés de la historiografía americanista, que tuvo su auge en las décadas de 1970 y 1980. La tecnología minera, en cambio, se menciona en forma marginal y no ha sido objeto de debate ni de investigación específica, con unas pocas excepciones importantes a las que dedicamos este apartado. El trabajo más completo escrito en torno a este último tema ha sido el de Bakewell (1984a y b, 1986).<sup>2</sup> Para este autor, las minas potosinas se caracterizaban principalmente por su falta de planificación, característica que se debía a la forma en que se realizaba el trabajo: por lo general las vetas eran atacadas en la superficie, y se las iba siguiendo hacia el interior de la tierra. La Corona, por su parte, nunca promovió una explotación racional, sino la maximización de los beneficios. Las concesiones que se realizaban eran muy limitadas, por lo que derivaron en una multiplicidad de minas pequeñas que tampoco favorecían dicha racionalidad. La abundancia de mano de obra indígena (barata) hacía que fuese más económico sacar el mineral en sus hombros que invertir en tecnología, como,

---

<sup>2</sup> Ver también Salazar (2003).

por ejemplo, en la construcción de chimeneas verticales por donde sacar el material con maquinarias, como ocurría en Alemania.

Sin embargo, siempre siguiendo a este autor, hubo algunos avances. El primero de ellos fue la construcción de socavones que permitían ventilar las minas y que facilitaban la extracción del material y del agua. La integración a gran escala de las minas a partir de los socavones fue relativamente frecuente en México pero no en los Andes, por razones que aún no se han determinado. Hubo otros tres adelantos tecnológicos que vale la pena mencionar: el uso de bombas para desaguar minas (copiadas justamente de las ilustraciones de *Re Metallica* de Agricola, libro que consultaban los mineros americanos); el uso de malacates para sacar agua y minerales sobre todo desde fines del siglo XVIII en Nueva España; y, finalmente, el empleo de la pólvora. Esta última comenzó a usarse en Alemania en 1627 y no se sabe con claridad cuando apareció en América, aunque hay evidencias poco claras desde 1637 en Huancavelica, y seguras de su uso en Potosí desde los años 1670.

Entre los factores analizados por Bakewell se encuentra también la organización del trabajo en las minas. La principal mano de obra americana era indígena, aunque había algunos negros libres y esclavos, utilizados sobre todo en la minería de oro y al comienzo también en la de plata. Los mestizos también formaron parte de estos contingentes, sobre todo desde el siglo XVIII, pero cuanto más cerca estaban de los españoles, menos dispuestos estaban a realizar estas tareas. El trabajo forzado se organizó formalmente en los virreinos de Nueva España y del Perú desde los años 1570, aunque existía ya desde antes. El trabajo asalariado creció desde temprano en el sector minero porque demandaba mano de obra especializada.

La bibliografía también destaca la importancia que tuvo la minería como dinamizadora de la economía y de la población (Assadourian 1983), y en la urbanización temprana. En el momento de su apogeo, esto es, entre fines del siglo XVI y comienzos del XVII, Potosí tenía, según diferentes fuentes, poco mas de 130.000 habitantes, lo que la convertía en el principal mercado de América del Sur.

## **El desarrollo minero en Europa**

Uno de los objetivos propuestos por la Corona al equipo de técnicos alemanes que llegó a fines del siglo XVIII era ayudar a que las galerías de las minas fueran construidas en el futuro con éxito “según las reglas”, así como evitar que en adelante fueran “realizadas a ojo”, según decía el virrey saliente, Francisco Gil de Taboada y Lemos, en un largo informe redactado para su sucesor (Gicklhorn 1963: 75 y 113). ¿Cuáles eran esas reglas? Quisiéramos responder

a esta pregunta dando cuenta de la historia del importante asiento minero de Rammelsberg, en Goslar, en el distrito del Harz de Alemania. En aquel entonces se encontraba en una fase de innovación técnica, que lo convirtió en un exitoso establecimiento en los siglos XIX y XX (Roseneck 2001; Molloy 1986; Daumas 1965: 47-52 y 1968: 562-584).

Dentro del territorio de habla alemana, Rammelsberg era un asiento de tamaño medio, que a comienzos de la era moderna ocupaba a unos 200 trabajadores regulares, a los que se les agregaban unos 50 a 100 ayudantes. La cercana ciudad de Goslar tenía hacia 1800 unos 5.500 habitantes y en 1850, cerca de 10.000 (Roseneck 2001: vol. 1; Livi Bacci 2000).

En el aspecto tecnológico parece ser Rammelsberg un buen representante del promedio regional. Desde el Medievo se desarrolló en conjunto el sistema de galerías con la tecnología del transporte, que tanto en sentido horizontal como vertical se basaba fuertemente en vehículos y elevadores que tenían tracción animal o hidráulica. Concretamente sabemos que, al menos desde comienzos de la era moderna, se utilizaban dos tipos de vehículos en las galerías de las minas para el transporte *horizontal* de minerales: 1) diferentes carretillas, que los trabajadores llevaban a mano desde un punto hasta el siguiente; 2) vagonetas llamadas *Hunte* (“perros”, en alemán) que se empujaban desplazándose en forma fija sobre una especie de carril de madera a partir de una guía que servía para estabilizar el transporte. En ellas se podía aumentar en algo más de un 50% la capacidad de transporte de las carretillas. Agricola dejó constancia de ambos vehículos en los dibujos y textos de su obra clásica sobre la minería, aparecida por primera vez en 1556. Agregó, además, que los trabajadores de las minas ocasionalmente utilizaban pequeños recipientes cargados en los hombros para el transporte del mineral. Según Plinio, el transporte realizado por los hombres habría sido el sistema normal en la antigüedad romana, pero esto no era así a comienzos de la era moderna, como sostenía Agricola: “Nuestros mineros despreciaban esta manera de cargar el material con el fin de extraerlo, porque fatigaba a gran cantidad de gente ya que implicaba mucho trabajo e incrementaba los costos” (1928: 127).

El transporte *vertical* de mineral también dependía de diferentes instrumentos. La forma más frecuente de extraer el mineral era a través de los pozos de extracción, mediante tornos u otros aparatos. La fuerza que impulsaba estos artefactos podía provenir de tres fuentes: 1) trabajo humano, 2) fuerza animal (caballos), 3) impulso por agua. Para las dos últimas formas no solamente se utilizaban sistemas simples de tornos, sino también complicadas “máquinas”, como las llamaba Agricola, fabricadas principalmente de madera. En los primeros siglos de la era moderna se puede ver en Rammelsberg una transición de la tracción animal a la hidráulica. En esa dirección avanzaron otras innovaciones, como la sustitución de las cuerdas de cáñamo que se utilizaban para

los elevadores, por cadenas de hierro resistentes a la tracción. La extracción de mineral representaba un importante factor en los costos y desde comienzos del siglo XVIII se encuentran reflexiones acerca de cómo se podría racionalizar este trabajo en las actas de la administración de la mina. Los cambios sistemáticos llegaron en la segunda mitad del siglo, cuando se incrementó la demanda y se fortaleció el discurso innovador de los economistas ilustrados. En ello desempeñó un importante papel Johann Christoph Roeder, quien provenía de una familia de mineros, y desde 1764 hasta 1810 ocupó un puesto de responsabilidad en Rammelsberg. Bajo su dirección se incrementó el número de pozos de extracción, para disminuir el transporte horizontal en las galerías. Al mismo tiempo, construyó un sistema de ruedas impulsadas por agua, para aumentar la capacidad de elevación. Estas ruedas eran de gran diámetro y desarrollaron una fuerza considerable e, incluso, podían cambiar de dirección de funcionamiento (Roseneck 2001).

Después de los tiempos de Roeder se continuó con la innovación. En los años 1830 se instalaron los primeros cables metálicos, y por las galerías se comenzó también a trasladar los vehículos sobre rieles de hierro. Para la innovación introducida por las máquinas a vapor hubo que esperar hasta el año 1874 (Roseneck 2001).

En forma paralela comenzó a desarrollarse la *medición* de las minas, tanto desde la superficie del suelo como desde el subsuelo, basada en la técnica de triangulación. Hasta el siglo XVI se aprovechó este “arte de demarcar” (*Markscheidekunst*) para la delimitación de los derechos de propiedad de los abundantes pequeños propietarios (Agricola 1928: 98-99). Cuando se impusieron las formas colectivas de posesión se fue tornando cada vez más importante la estimación de los depósitos minerales y el planeamiento de la tecnología. Esta evolución se puede ver sobre todo en las representaciones gráficas. Hasta el siglo XVII estas representaciones eran planas (miradas desde arriba), a menudo en forma de croquis simples, sin respetar las escalas. En Rammelsberg, el plano más antiguo de las galerías de una mina que tenemos fue realizado en 1680. Una generación más tarde, en los años 1711-1712, se empleó una forma más compleja de medición, en la que trabajaron dos personas a lo largo de varios meses. En términos generales había comenzado la época de la educación formal y académica de los mineros especializados (Roseneck 2001: vol. 2, 136-149; Daumas 1968: vol. 3, 584).

Rammelsberg es un ejemplo representativo y conocido por los viajeros y científicos que viajaron a América y que mencionamos en este texto, de una serie de transformaciones ocurridas al norte de los Alpes y al este del Rin. Carlos V calculaba en unas 100.000 las personas que trabajaban en la minería y en la metalurgia. La combinación de ambas actividades, la presencia de importantes bosques (combustible) y cursos de agua (energía hidráulica) y la

población relativamente menos abundante que favorecía la colonización, proporcionaron a Alemania un contrapeso a los logros del Renacimiento de la Europa del Sur. Aunque después del comienzo de la llegada de plata americana muchos centros mineros entraron en decadencia, esta actividad siguió desarrollándose en forma desigual en el tiempo, introduciendo algunas innovaciones como las que hemos visto sobre todo en la segunda mitad del siglo XVII. En ese entorno se formaron los expertos mineros se trasladaron a las colonias de ultramar.

En España, esta actividad también tuvo un desarrollo importante de destacar siguiendo los objetivos de este trabajo. Los mineros españoles conocían la práctica de combinar pozos verticales con galerías horizontales aun antes de que se introdujera la técnica alemana en los años 1550-1555 (Sánchez 1989: 241). Estas prácticas eran muy simples ya que no se disponía de capital como para realizar obras complejas. El problema se les presentaba al llegar al nivel de la capa freática, ya que no siempre se podía realizar su desagüe, por no contar ni con mano de obra especializada ni con tecnología adecuada. Lo que solía suceder era que, cuando se llegaba al nivel del agua, se abandonaba la explotación, con excepción de algunas empresas importantes que lograban resolver este problema.

Para sacar el mineral se utilizaba una abundante mano de obra (con relación al material extraído) y se empleaban tornos sencillos movidos a mano en los casos en que hubiera pozos verticales o a hombros de los peones en las galerías horizontales. Las herramientas utilizadas eran almaraduces, picos, picayos, azadas, azadones, raederas, barrenas y cuñas de hierro. En Almadén (la mina más importante de la península que era productora de mercurio) se extraía el material a lomo de burros. Fue en esta mina donde los Fugger instalaron en 1536 una grúa elevadora, cuando se hicieron cargo de su explotación. Para iluminarse dentro de las galerías se utilizaban lámparas de aceite o un sistema rudimentario de sogas empapadas en aceite. Se habían desarrollado también técnicas de sostenimiento de las galerías o para realizar grandes agujeros subterráneos mediante el recubrimiento con piedra o la entibación con madera a base de la utilización de asnadillos, peones y estacas.

Hay dos elementos más que quisiéramos destacar para cerrar este apartado. Las explotaciones mineras en España no generaron grandes instalaciones de superficie. La mayoría de las minas tenía almacenes para los minerales, viviendas rudimentarias para los trabajadores, algún horno de fundición, herrería para reparar las herramientas y depósitos varios. Esto no fue así en los Alpes, donde la minería tuvo un rol muy importante en la urbanización (Mitterauer 1974). El segundo elemento importante a destacar es que, a pesar de la presencia alemana en territorio español, prácticamente no hubo introducción de tecnología avanzada en los centros mineros, con unas pocas excep-

ciones.<sup>3</sup> La opinión de Sánchez es que el aumento observable en la producción en algunas minas del siglo XVI se debió más al incremento del número de peones no calificados que a los cambios tecnológicos (Sánchez 1989: 247). Esta mano de obra realizaba principalmente las tareas de extracción de mineral y desagüe, mientras que los especialistas se contrataban a destajo y trabajaban tiempo limitado en cada mina, migrando de explotación en explotación. La forma predominante de pago era “a partido”, es decir, se pagaba parte del salario con mineral que los mismos trabajadores fundían y vendían.

### **Las minas americanas desde la perspectiva de los expertos alemanes**

La expedición de mineros y metalurgistas alemanes contratados por la Corona a fines del siglo XVIII debía trabajar diez años en las minas americanas. Helms, el beneficiario mas destacado de la expedición, llegó con el barón Von Nordenflycht al Perú, pero sólo se quedó cuatro años. Esta parte de la expedición llegó pocos años después de las grandes sublevaciones indígenas (en 1789), cuyas consecuencias pueblan las páginas del diario de Helms: abandono de minas, falta de inversiones, escasez de circulante, ciudades o campañas que todavía daban cuenta de las batallas libradas (Helms 1807). A la imagen de un campo arrasado por los conflictos sociales, se le suma la de su esterilidad natural: en su viaje de Buenos Aires a Potosí, uno de los primeros aspectos que destaca Helms es la falta de cobertura vegetal, lo que implicaba la necesidad de llevar a estas minas la madera usada para combustible y la necesaria para la construcción desde grandes distancias. Hombres y animales transportaban grandes troncos desde el Tucumán a través de las montañas. La ausencia de madera para la construcción no solamente encarecía los costos de casi cualquier emprendimiento, sino que fue uno de los grandes obstáculos a los que se enfrentó Helms, quien tuvo que regatear y lidiar por este rubro con los comerciantes.

Lo segundo que este experto destaca en su diario es la irregularidad de la arquitectura de las minas: “Casi todas las minas de Perú fueron abiertas por desertores del ejército y la armada, marineros y otros vagabundos; y continuaron trabajando sin observancia de las leyes y regulaciones de la minería, simplemente con el objeto del saqueo” (Helms 1807: 38). En general sostiene que las galerías no eran muy profundas y que la inexistencia de maquinaria hacía

---

<sup>3</sup> Un caso excepcional fue la mina de Guadalcanal, que era una empresa minera de la Corona y que recibió los aportes de expertos alemanes y americanos (Sánchez 1989: 417 y ss.).

muy difícil la tarea de vaciarlas de agua. Helms opina, también, que las herramientas de los trabajadores indígenas (habla de los martillos y las barretas) estaban muy mal pensadas, principalmente por el peso y por el tamaño. La forma de las minas acentuaba, además, el problema del aire viciado por las velas de sebo. Con relación a los sistemas de transporte, se sorprende de que no se usara el montacargas para la extracción del material, sino que se siguiera haciendo a hombros de la gente (Helms 1807: 15).

Las críticas que Helms realiza de las obras mineras que se estaban haciendo están relacionadas con la concepción del trabajo realizado “a ojo” en palabras del virrey citado, a diferencia de las propuestas alemanas basadas en la medición. A partir de las posibilidades que les ofrecía este tipo de análisis, los expertos evaluaron los socavones en marcha, y propusieron ubicaciones que consideraban más adecuadas para el futuro.

La expedición había generado grandes expectativas en la población local y regional, ya que la audiencia que había ido a escucharlos incluía mineros de otros centros como por ejemplo Oruro, La Paz y Tupiza. Muy capaces en lo técnico, estos expertos carecían de la menor diplomacia para transmitir sus opiniones. “Establecer aunque más no fuera la más remota comparación entre los logros de nuestro compatriota [Born] y los procedimientos bárbaros de los indios constituiría una intolerable degradación de su trabajo” (Helms 1807: 22). Las opiniones de los expertos sobre los mineros potosinos tampoco eran elogiosas, ya que se referían a ellos públicamente como “cabezas huecas”, “ignorantes” o “pequeñas personas” (Buechler 1973: 76). Pronto comenzaron muchos de los potosinos a manifestarse en contra o en desacuerdo con la expedición, quitándoles su apoyo y, a veces, hasta boicoteando sus actividades.

Nordenflycht, por su parte, compartía gran parte de lo que hemos sintetizado del diario de Helms, aunque con algunas comparaciones relativas a la organización en Europa Central que son interesantes para este trabajo. Uno de los problemas que este autor encuentra en las minas peruanas es el de la propiedad, que estaba demasiado repartida entre particulares quienes, además, gozaban de una extrema libertad a los ojos de este experto (Flores 2005). Nordenflycht se inclinaba más bien por el modelo seguido en Europa Central, según el cual las minas se habían convertido en una suerte de manufactura real. La centralización permitía grandes inversiones, mano de obra especializada y asesoría técnica de primer nivel. Como señala Flores, estas ideas estaban en consonancia con las de los monarcas Borbones. Su opinión sobre la forma de trabajo en las minas era que seguían un sistema utilizado antiguamente en Europa, que en Alemania se conocía como *Raubbau*, o sea, “construcción de ladrones”. Esta denominación hacía referencia a la característica de ser un trabajo no planificado que sólo buscaba obtener los minerales más ricos, dilapidando con frecuencia los recursos. Para este experto, este modelo



requería mayor cantidad de mano de obra, generaba mayores gastos y era muy riesgoso. Uno de los problemas que Nordenflycht encontraba en el Perú era el de los trabajadores, a quienes consideraba poco hábiles y sin experiencia, por lo que una de las soluciones que proponía era importar mano de obra. Este observador consideraba que había que europeizar América por medio de la educación de los trabajadores y de imponer cambios en la sociedad a través de la cultura impresa, de las instituciones educativas y de la innovación tecnológica. Dentro de los cambios propuestos estaba también el de la liberación de los indígenas de las muchas cargas coloniales que tenían, ya que creía en el trabajo libre y consideraba sus condiciones de vida y de trabajo como inaceptables.

La opinión de estos especialistas coincide en términos generales con las que expresó Alexander von Humboldt. En 1799 el científico consiguió una autorización del rey Carlos IV en Madrid para poder realizar su viaje de estudios a las colonias españolas de ultramar, en la que se decía expresamente que se le permitía “pasar a América a continuar el estudio de minas” (Krätz 2000: 63). En una conversación personal con el rey, Humboldt había destacado especialmente este interés y se había comprometido a ello. Durante su viaje de estudios por América (1799-1804) presentó esta autorización ante las autoridades locales de los asentos mineros siempre que tuvo la oportunidad. Aunque sus principales informantes fueron por lo general estas autoridades, Humboldt visitó las minas personalmente, habló con los trabajadores y sobre la base de todas estas fuentes de información escribió diversos reportes sobre las deficiencias que encontraba y sobre las posibles soluciones.<sup>4</sup> Es interesante destacar que, a diferencia de otros registros de su diario que fueron realizados en francés, las descripciones de las minas están mayormente escritas en alemán, lengua que Humboldt consideraba como el “idioma natural” de los informes mineros.<sup>5</sup> En ellas deja constancia de que los días pasados en las minas fueron los más intensos del viaje, porque él quería ver y examinar todo, y porque la gente esperaba sus consejos.

Las minas peruanas visitadas por este investigador fueron las de Hualgayoc, descubiertas en 1771. En su relato señala que la plata se encontraba al principio en su mayoría en forma compacta cerca de la superficie, de manera que se las podía extraer “simplemente revolviendo el suelo”, sin conocimientos técnicos mineros. Tras cinco o diez años de laboreo en superficie, los trabajadores debieron meterse dentro de la montaña. La forma de trabajar las vetas era seguir el filón en todos sus giros, de manera que los socavones pron-

---

<sup>4</sup> La mejor síntesis sobre el tema en Faak (1991). Además, Humboldt (1983).

<sup>5</sup> El informe ha sido publicado en gran parte en Faak (1986; 1990).

to comenzaron a parecerse a “cuevas de zorro o de conejos”, al decir de Humboldt. No había vehículos para el transporte del mineral, vehículos que por otra parte no hubieran podido moverse dentro de estos retorcidos laberintos. En lugar de ello se sacaba el mineral en bolsas colocadas en las espaldas de los trabajadores, método que era utilizado incluso para el desagüe de las minas. Sólo unos pocos años antes se había comenzado a sacar el agua en sacos de cuero y en baldes tirados por cuerdas ubicados en algunos puntos. Pero, según la mirada de Humboldt, este método también era desacertado. Estando allí les explicó a los trabajadores cómo desaguar las minas a partir de fuerza animal (caballos) o con ruedas movidas con agua, como se hacía en Europa (Faak 1986: 43-44, 259-264). Humboldt también describió en forma muy detallada el resto del trabajo, en particular el “beneficio” de la plata a partir del método de la amalgama, método que también comparó con el utilizado en Europa.

La mirada de los especialistas alemanes es un punto de partida interesante para analizar la minería andina, si tenemos en cuenta lo que en el momento se consideraba la tecnología más avanzada en Europa. En el siguiente apartado proponemos incluir otras miradas sobre estado de la minería, miradas que consideramos relativamente independientes de la de estos especialistas.

## **El desarrollo minero en los Andes**

A partir de los relatos de las crónicas tempranas y de las investigaciones más recientes se puede afirmar que la importancia del conocimiento indígena en los primeros años de la minería en los Andes fue central. Aunque la minería prehispánica se realizó a una escala mucho más reducida que la colonial (y por ello los españoles encontraron las reservas minerales relativamente intactas), esta actividad estaba muy difundida. Las investigaciones arqueológicas son muy numerosas, pero se concentran en el estudio de objetos terminados o subproductos de los procesos de producción mineros y metalúrgicos, sin prestar mucha atención a la actividad minera propiamente dicha, que por otra parte es más difícil de abordar por la superposición de explotaciones en el tiempo (Salazar/Salinas 2008). Hoy sabemos que la minería se realizaba tanto a cielo abierto como en forma subterránea a través de galerías, trincheras y socavones no muy profundos. Las herramientas utilizadas eran construidas principalmente con piedras y astas de animales, no se usaban escaleras y se conocía el manejo del fuego para facilitar las tareas de extracción.

Se sabe que los Inkas explotaban y conocían la existencia de muchas minas, entre otras, la de Porco, a la que se habían destinado trabajadores especializados. En las primeras actividades mineras de los conquistadores europeos se utilizó mano de obra indígena especializada y se explotaron sitios que ya

habían estado en producción. Muchos de estos trabajadores fueron trasladados a Potosí, luego de que fuera “descubierto” en 1545: se trataba de artesanos especializados en las técnicas metalúrgicas (Weaver 2008).<sup>6</sup>

Aunque los tratados y estudios sobre la actividad minera son muy abundantes en los Andes debido a la importancia que ella tenía, la descripción concreta de las minas es muy escasa, cuando no directamente inexistente, como, por ejemplo, en el caso del tratado de Alonso Barba. En todas las crónicas lo que se destaca, en cambio, es la descripción del método del “beneficio”, en particular el uso de la tecnología indígena de fundición, ya que la hispana no había dado los resultados esperados. Las *guayras*, pequeños hornos que funcionaban con el viento que ingresaba por los numerosos agujeros que tenía su estructura, iluminaban la noche potosina en un número de entre cinco y seis mil, todas ellas esparcidas por las laderas del cerro (Capoche 1959: 115).

¿Cómo era, entonces, la actividad minera colonial? El descubrimiento de las vetas fue en muchos casos, sobre todo al inicio, más bien producto de la entrega de información de la ubicación de las minas explotadas por los Inkas, que de cateos en tierras desconocidas. La mayoría de los cateadores eran también indígenas, aunque no tenemos muchas descripciones de ellos.<sup>7</sup> Cuando se descubría una nueva veta lo que ocurría era que a los descubridores se les otorgaba derecho a 80 varas y 30 días en los cuales podían catear libremente hasta ubicar con mayor precisión dónde trabajar.<sup>8</sup> A quienes llegaban después les correspondían 60 varas. Lo notable en todo este proceso es la velocidad de la afluencia de mineros al lugar, una vez que se conocía la ubicación de la veta descubridora. En quince días ya había mas de diez mineros trabajando en pequeñas concesiones en un ejemplo como el descripto, ubicado lejos de cualquier centro urbano y de difícil acceso. El caso de Potosí es otro ejemplo que ilustra muy bien la velocidad de este proceso: en septiembre de 1545 —es decir, al poco tiempo del “descubrimiento” de las primeras vetas— había 170 españoles y 3.000 indígenas asentados al pie del Cerro Rico; dos años más tarde, había alrededor de 2.500 casas y 14.000 habitantes (Cook 1981: 236).

Hasta la implementación de la tecnología del beneficio con amalgama llevada a cabo por el virrey Francisco de Toledo en la década de 1570, los indígenas dominaban todas las fases de la producción (Cole 1985; Cruz/Absi 2008). Para poner en marcha el nuevo sistema, el virrey tuvo que resolver diferentes problemas, entre los que detallaremos aquí solamente los que están

---

<sup>6</sup> En la actualidad se sostiene que Potosí era una mina conocida por los Inkas y que fue “entregada” tardíamente a los españoles (Platt/Quisbert 2008).

<sup>7</sup> Archivo y Biblioteca Nacionales de Bolivia, en adelante ABNB, Minas 52/335.

<sup>8</sup> ABNB, Minas 62/ 439, año de 1657. En este caso la veta era de oro. Otro ejemplo en ABNB, Minas 52/335.

relacionados con el trabajo en el interior de las minas. Una de las principales ideas de Toledo (en rigor una adaptación de un sistema de origen incaico y parcialmente utilizado ya en algunas minas) fue la organización de la mita minera, un sistema de trabajo forzado destinado principalmente a suplir las necesidades de mano de obra no especializada (Bakewell 1984b; Cole 1985; Tandeter 1992). Pensado como un sistema transitorio destinado a impulsar importantes cambios de infraestructura y tecnológicos que permitieran la reactivación de la minería, la mita siguió siendo importante justamente por el enorme crecimiento que experimentó la producción en Potosí (Cole 1985).

Al comienzo de la era postoledana, los mitayos fueron mano de obra forzada y barata que permitió a los azogueros tanto realizar las grandes obras de infraestructura necesarias para el funcionamiento de los ingenios, como resolver los problemas laborales en las tareas más peligrosas, pesadas y peor remuneradas. Vale la pena mencionar como ejemplo de los abusos el hecho de que, aunque Toledo había ordenado un máximo de dos viajes por día para los mitayos que sacaban el mineral (los *apiris*), tan temprano como en 1580 se hacían veinticinco. En los años 1590 la tarea diaria era diecinueve montones, esto a pesar que la cuota misma había sido prohibida por los virreyes. Con el tiempo y el empeoramiento de las condiciones de trabajo, los mitayos fueron encontrando maneras de eludir sus obligaciones reemplazándolas por pago en plata. Los azogueros contaban así con dinero para pagar asalariados más costosos, o simplemente pudieron gozar de lo que Tandeter llamó la “renta mitaya” (Tandeter 1992).

A partir de la reorganización toledana el control de la producción de plata se sacó de manos de los indígenas y se acentuó notablemente la división del trabajo en el proceso. Dentro del conjunto de los trabajadores del interior de la mina, los mitayos realizaban las labores más duras y menos calificadas: extraer de los minerales del cerro hasta las canchas. Señala Acosta, hacia fines del siglo XVI, (2006: 175):

Trabajan con velas siempre los que labran, repartiendo el trabajo de suerte que unos labran de día y descansan de noche y otros al revés les suceden. El metal es duro comúnmente y sácanlo a golpe de barreta quebrantándole que es quebrar un pedernal. Después lo suben a cuestras por unas escaleras hechizas de tres ramales de cuero de vaca retorcido como gruesas maromas, y de un ramal a otro puestos palos como escalones, de manera que pueden subir un hombre y bajar otro juntamente. Tienen estas escalas de largo diez estados, y al fin de ellas está otra escala del mismo largo, que comienza de un releje o apoyo, donde hay hechos de madera unos descanso a manera de andamios, porque son muchas las escalas que se suben. Saca un hombre carga de dos arrobas atada la manta a los pechos y el metal que va en ella, a las espaldas; suben de tres en tres. El delantero lleva una vela atada al dedo pulgar, para que vean.

Uno de los principales cambios introducidos por los españoles fueron las herramientas de hierro. En varios inventarios de López del siglo XVII hemos encontrado que se utilizaban barretas, martillos y azadones, todos fabricados con hierro, a veces importados y otras, transformados o reparados en forjas locales.<sup>9</sup> Con relación a los medios utilizados para acceder a las vetas y para sacar el mineral, Acosta describe otra innovación colonial: las escaleras de cuero con escalones de palos. Por ellas podían andar incluso dos hombres en sentido opuesto. El material se sacaba en aquellos tiempos en mantas atadas a las espaldas.

Capoche, un importante minero que vivió en Potosí en el momento de su auge, aporta algunos detalles técnicos interesantes. Señala que hay dos formas de llegar a las vetas: por escaleras realizadas con una combinación de cuero y palos o por los socavones que permitían andar con un poco más de comodidad. Estos socavones no se construían para unir todas las minas, sino para llegar a una en particular. En caso de atravesar alguna otra mina, los indígenas que por allí pasaban debían pagar peaje. Como Acosta, Capoche describe las escaleras, el mineral cargado en la espalda dentro de una manta y las velas que se llevaban atadas al pie.

En el interior de la mina, la tecnología no permaneció igual todo el tiempo. Los detalles de la construcción de un socavón de comienzos del siglo XVII en el asiento de Chocaya, Chichas, permiten conocer un poco sobre este aspecto.<sup>10</sup> En el cuestionario que se solicita se realice a los testigos de un juicio en 1638, se mencionan los sistemas alternativos que se utilizan para entrar a las minas, por ejemplo, o para sacar el agua. Entre otros elementos se hace referencia a las escaleras de cuero y los callapos con barbacoa utilizados para entrar o salir de las minas. Estos últimos eran andamios montados sobre palos que se dice eran abundantes, y que podían ser de lozas de piedra o de tola u otras ramas. Para sacar el agua se mencionan palos ahuecados, embreados y sujetos con cinchas de fierro, mucho más costosos que los canales de desagüe que iban por los socavones.

A lo largo del siglo XVII encontramos algunos avances en la tecnología aplicada en el interior de la mina. En la década de 1670, el azoguero Antonio López de Quiroga parece haber usado por primera vez la pólvora en forma exitosa en Porco, para hacer avanzar las obras en un socavón construido en piedra muy dura. Aunque hay algunos indicios de un uso anterior en Huancaavelica, ésta parece ser la primera vez que se usó sistemáticamente en la región (Bakewell 1988: 82). López de Quiroga fue el propulsor de varios socavones

---

<sup>9</sup> ABNB, Escrituras Públicas, Tomo 137, folios 123v y 173v. ABNB, Minas 57/394.

<sup>10</sup> ABNB, Minas 52, 328.1638.

construidos en diferentes asientos mineros, siendo el más ambicioso el de San Antonio del Nuevo Mundo, en Lípez. El encargado de dirigir las obras fue un experimentado español, Alonso Ruiz, quien reclutó mano de obra indígena en Potosí para realizar el trabajo. La construcción demandó unos cinco años, entre fines de 1672 y comienzos de 1678. El socavón tenía grandes dimensiones, un canal cubierto por un pavimento de losa para que los trabajadores pudieran recorrerlo y a la vez pudieran desaguar las minas. Lo interesante, además, es que hay un gasto relacionado con un carretón destinado a sacar piedras del interior, aparentemente movido por chiriguanos.<sup>11</sup> La construcción del socavón requirió de pólvora que debió ser tratada con brea para poder ser usada en un ambiente húmedo e incluso inundado.

Los expedientes relativos a esta obra permiten afirmar que se tenía pleno conocimiento de los beneficios que aportaba el hecho de construir socavones.<sup>12</sup> Se sabía que este sistema permitía el drenaje de las minas por la simple fuerza de la gravedad, permitía también el paso simultáneo de dos personas en sentidos opuestos incluso yendo cargados y mejoraba considerablemente la ventilación. Al poco tiempo de terminado el socavón y desaguadas las minas, se comenzó a cavar por debajo del nivel y el problema del agua reapareció. Sin embargo, el desagüe pudo hacerse por un tiempo más en forma relativamente fácil, reuniendo el agua en pozos y subiéndola al socavón por medio de un torno instalado bajo tierra. Este sistema permitió que el asiento siguiera produciendo unos años más, pero hacia fines del siglo xvii los reportes indican el abandono de casi todos los trabajos: los costos de extracción y la calidad de los minerales hacían inconveniente su explotación teniendo en cuenta que el asiento se encontraba a 4.700 metros de altitud y que había que abastecerlo de todos los insumos, alimentos y vestidos.

Para Bakewell (1988) esta y otras obras construidas por López de Quiroga rompían con la anterior tradición de pequeños socavones que llevaran a las vetas, para pensar más bien a una mayor escala, es decir, socavones unidos entre sí que facilitaran tanto el acceso como la extracción de minerales. El de San Antonio se consideró una obra heroica por su costo y dimensiones. Ya en los años 1690 se hacía necesario un segundo socavón (una obra hercúlea) que nunca se construyó. Hemos encontrado una sola referencia al costo de este tipo de obras, que sirve para evaluar los pros y contras de emplear esta tecnología: una hacienda de beneficio en Nuevo México o un ingenio en los Andes representaban una inversión de decenas de miles de pesos; mientras que un socavón costaba aproximadamente centenares de miles (Bakewell 1986).

---

<sup>11</sup> ABNB, Minas 58/405, folio 267.

<sup>12</sup> ABNB, Minas 58/405. 1679-1681.

A comienzos del siglo XVIII era poco lo que había cambiado en las minas. Hacia 1705, Arzáns Orzúa y Vela sostiene que en aquellos tiempos muchas de las minas de Potosí estaban inundadas, pero se sacaba el agua mediante bombas (que no describe) y cubos. A veces el agua formaba lagunas muy profundas donde se ahogaban quienes no conocían bien los caminos o los desdichados a quienes se les apagaban las velas. Se utilizaban barretas y pólvora para desprender mineral dentro del cerro, mineral que era transportado en las espaldas de los apiris, quienes trepaban “por las sogas cargados de metal sudando y trasudando” y descendían por “unos palos muy delgados doscientos, trescientos y más estados”. “También los veréis algunas veces asemejarse a las bestias caminando en cuatro pies con la carga a las espaldas y otras arrastrándose como gusanos” (Arzáns 1965: 65-66).

Entre estas descripciones y la llegada de los expertos alemanes hubo dos hechos que afectaron al desarrollo minero que venimos describiendo: los levantamientos indígenas de fines del siglo XVIII y el crecimiento de la importancia de los *kajchas* en las labores. La expedición alemana llegó a Buenos Aires en 1789, es decir, ocho años después del apogeo de la sublevación en el Cuzco y en el norte potosino. En el levantamiento de los indígenas numerosos establecimientos habían sido destruidos, mucha gente asesinada, herida o desarraigada y las fuentes de crédito habían desaparecido (Walker 1999). Parte de estas consecuencias las observa Helms (1807: 24-25) —como hemos mencionado anteriormente—, quien describe el abandono de las minas de Oruro y las secuelas menores que aún se observaban en La Paz. Las consecuencias están presentes incluso en los distritos mineros del sur más alejados del centro de la rebelión, como Chichas.<sup>13</sup>

Hay mucha más información sobre los *kajchas* relacionada con las minas, como es lógico. El *kajcheo* apareció en Potosí desde fines del siglo XVII, pero se fue haciendo más importante a lo largo del siglo XVIII. Su origen no está claro: algunos lo asocian a los mismos inicios de la actividad minera en Potosí, otros lo atribuyen al superintendente Pedro Vázquez de Velasco, cuya gestión en dicha villa data de los años 1663 a 1666 (Tandeter 1992: 113-114). Aunque el origen no sea claro, el sentido de la práctica sí lo es: estaba destinada a favorecer el asentamiento y permanencia en Potosí de trabajadores regulares de la minería, como una forma de complementar los ingresos. La mejor descripción de esta actividad la realiza Enrique Tandeter:

Los fines de semana eran momentos muy singulares en el Potosí del siglo XVIII. Entre los sábados a la tarde y los lunes por la noche los trabajadores libres y forza-

---

<sup>13</sup> ABNB, Minas 53/346. 1782.

dos que habían permanecido en el cerro ininterrumpidamente durante la semana, abandonaban las minas y se dirigían a sus ranchos. En esos días, sin embargo, las minas no quedaban desiertas. Por el contrario, el cerro era invadido entonces por los *kajchas*, hombres que se aprovechaban de la interrupción del trabajo minero regular para extraer para sí los minerales que pudieran encontrar en las minas, los que luego serían refinados en los trapiches, pequeñas y rudimentarias instalaciones de molienda manual (Tandeter 1992: 112).

Uno de los inconvenientes del *kajcheo* era que se realizaba completamente fuera del control de los empresarios mineros. A los *kajchas* se los acusaba de no cuidar las instalaciones rompiendo puentes y otras obras de infraestructura sólo en su afán por seguir las vetas, provocando derrumbes y desórdenes. Cañete (1939: 57-58) describe también a los *kajchas* hacia fines del siglo XVIII. En San Antonio, cuando las minas estaban en un claro período de decadencia, los pocos azogueros que aún quedaban reclamaban por la acción de otros trabajadores semejantes a los *kajchas*, llamados allí *jucos*.<sup>14</sup>

Hacia fines del siglo XVIII los Andes transitaban una coyuntura en la que también es importante situar a los expertos. Aunque la producción de Potosí se había recuperado desde 1730, esta recuperación no fue tan importante como para alcanzar la de los años de auge. Este incremento tuvo diferentes causas, entre las que vale la pena señalar el aprovechamiento mejor que se hizo hasta mediados de la década de 1790 de los llamados “desmontes”, esto es, del mineral que había sido dejado de lado anteriormente por su calidad, pero que en aquellos años se podía procesar. El aprovechamiento de los desmontes no implicaba grandes gastos de infraestructura, ni altos costos en mano de obra. Pero tenía su límite, ya que la calidad de las nuevas vetas era siempre mejor que la de estos minerales y, además, los desmontes se estaban acabando. En este contexto y como parte de las reformas impulsadas por los Borbones, la administración colonial se había decidido tardíamente a invertir en algunas mejoras destinadas a incrementar la producción minera. Una de las obras propuestas fue la construcción de un socavón iniciado en la década de 1790 destinado a facilitar el acceso a las vetas más profundas y que se esperaba fueran más ricas. La obra se abandonó durante las guerras de independencia, antes de haber alcanzado a rendir frutos (Tandeter 1992: 294). La disminución de los impuestos a la producción y del precio del azogue, fueron también medidas tomadas en dicha coyuntura que ayudaron al incremento de producción de la plata potosina. La llegada de los expertos financiados por España se enmarca, junto con las mencionadas, en estos tardíos esfuerzos de la Corona.

---

<sup>14</sup> ABNB, Minas 61, 429-1728.



## Conclusiones

Para algunos autores, en la industria minera se unieron tres tradiciones culturales, la castellana, la germana y la andina, aunque se discute si las dos primeras no tendrían en realidad una misma matriz cultural con características similares (Flores 2005: 127). En este trabajo hemos comparado un aspecto de la tecnología que en cierta medida rompe con la imagen dicotómica de la tradición “occidental” versus la indígena, y se inclina un poco más por la de las tres matrices. La española estaría presente no solamente como un puente entre la alemana y la americana, sino como receptora activa de las otras dos experiencias y fuente de difusión ocasional de la americana hacia el resto de Europa.<sup>15</sup>

Todavía es poco lo que podemos agregar acerca del aporte indígena en cuanto a la tecnología minera. La introducción de la amalgama implicó un enorme cambio en la organización del trabajo del beneficio despojándolos del control de la producción, pero en el interior de las minas no parece haber ocurrido un fenómeno semejante. Las herramientas cambiaron, pero quienes barreteaban siguieron siendo los mismos que antes de los cambios tecnológicos. Este oficio requería de mayores conocimientos que el de los *apiris* y era mejor pagado. El cateo también estuvo en gran medida en manos de los indígenas. Se podría decir sintéticamente que los españoles supieron utilizar mano de obra que tenía experiencia minera, que conocía la región y la actividad, y que además rápidamente aprendió las nuevas tecnologías.

Con relación a la arquitectura de las minas, la impresión que tenían los expertos alemanes, incluido Humboldt, y compartida por Bakewell, se confirma en cierta medida con diferentes descripciones realizadas por mineros y otros españoles residentes en América. En ese sentido, hemos visto cómo las galerías seguían mayormente a las vetas, en una arquitectura no planificada que hacía difícil la utilización de vehículos para el transporte horizontal. Aunque ésta parece haber sido la característica dominante de las minas en los Andes, había algunos socavones que se construyeron para acceder a vetas profundas, para desaguar minas y para facilitar el transporte. Sin poder hacer una estadística de estas obras, lo que parece a partir de estos testimonios es que no era la forma más común, sino algo excepcional, propio de los momentos de auge.

También vimos cómo el material se sacaba del interior de las minas a hombros de los indígenas, primero envuelto en mantas y luego, en bolsas de cuero.<sup>16</sup>

---

<sup>15</sup> Mientras que la superioridad de la tecnología de extracción centro europea no se discute, la del tratamiento del mineral genera permanentes polémicas (Sánchez 1989: 533).

<sup>16</sup> Hemos encontrado sólo una referencia en San Antonio sobre las llamadas “chimeneas verticales” utilizada –aparentemente– para sacar agua. ABNB, Minas 58/405, 1679 a 1685.

Quienes realizaban estas tareas eran trabajadores no especializados que recibían menos salario que los demás, los *apiris*. Esta tarea la realizaban en Potosí mayoritariamente los mitayos. Los *apiris* subían y bajaban al interior de la mina por escaleras de cuero y palos, o algunas veces, por medio de socavones cortos que facilitaban el acceso a las vetas.

¿A qué se debió que no se aplicara una mejor tecnología en el interior de las minas? En este trabajo hemos sugerido algunas respuestas. Una de ella, que sigue a la de Bakewell, es que había abundante mano de obra barata. Esta mano de obra no era solamente forzada, ya que hemos visto que sólo había mitayos (trabajadores forzados por excelencia) en unas pocas minas. La situación colonial, sin embargo, difumina parcialmente la frontera del trabajo libre y forzado, no solamente porque la tasación del tributo en plata empujaba a muchos indígenas a trabajar en las minas como un modo de conseguir cómo pagarlo, sino también porque los mineros tenían derecho a “sacar indios” y llevarlos a las minas en un número reducido, para que los sirvieran a cambio del pago de los jornales.<sup>17</sup> Aunque importante, el tema de la mano de obra por sí sola no explica la modalidad andina del trabajo en las minas. Hemos visto que para el caso de España, Sánchez menciona también la falta de introducción de tecnología en la mayoría de las minas y del gran número de trabajadores no cualificados y baratos que realizaban principalmente tareas de extracción de mineral y desagüe.

La falta de innovación, ¿se debió a algún tipo de resistencia a los cambios en el sentido que sostiene la *Path Dependency-Theorie*? ¿Influyó la historia de la minería en la conservación de algunas maneras de trabajar? Hay algunos indicios en la descripción de Humboldt del modo en que se iniciaron las tareas en Hualcayoc que apuntan en esa dirección. Para este viajero la forma en que se encontraba la plata al comienzo de las explotaciones permitía que el trabajo fuera realizado por mano de obra no especializada, no experta. Luego simplemente se seguía la veta. Por otra parte, la forma de las concesiones que se daban para la explotación favorecía esta forma no planificada del trabajo, ya que se otorgaban muchas licencias para explotar pequeñas porciones de los minerales. En esos laberintos era muy difícil implementar otro método diferente que el de sacar el mineral a hombros de los *apiris*. Si prestamos atención a lo que sostenía Nordenflycht, esto mismo había ocurrido en Europa en tiempos anteriores, pero se había podido cambiar. Entre las recetas propuestas por este experto, el papel del Estado no era menor, como un agente de ordenamiento del trabajo minero (que era preferible que fuera centralizado y no disperso en tantas manos tan independientes), pero también debía realizar fuertes

---

<sup>17</sup> ABNB, Minas 62/438 y Minas 131/1200.

inversiones de infraestructura (caminos, socavones, haciendas de beneficio) e impulsar enormes cambios en la sociedad, tales como la libertad de trabajo, de explotación de recursos naturales necesarios para la actividad, controlar a los azogueros, mejorar los jornales, etc. En otras palabras, el cambio tecnológico requería de otras muchas transformaciones muy profundas que lo excedían.

La importancia de las políticas públicas de la Corona en la persistencia de esta manera de trabajar no planificada de las vetas surge también en otros de los textos analizados, tanto en las fuentes como en las interpretaciones realizadas por historiadores. La administración colonial invirtió poco o nada en infraestructura que favoreciera una explotación racional de las minas, aunque se podría pensar que en tiempo de los Borbones se propiciaron algunos cambios, que fueron truncados por las guerras. Lo que más se había hecho a lo largo de todo el tiempo anterior fue el otorgamiento de prebendas y ventajas a los diferentes actores sociales con el fin de promover la producción de plata. A los azogueros la Corona les dio mano de obra forzada y barata para estimular sus inversiones, así como una amplia libertad de acción; a los mitayos les dio la posibilidad de cambiar la mita en persona por un pago en plata, lo que favoreció indirectamente la existencia de rentistas mitayos, como los llamó Enrique Tandeter, mas que la de empresarios mineros; para sostener una población abundante de trabajadores en Potosí permitió el *kajcheo*, actividad que en muchos asientos se dio con independencia del permiso colonial cuando ya no eran muy rentables.

La organización cronológica en el texto de algunos cambios ocurridos en la tecnología minera pone de relieve una evolución no lineal, en la que la segunda mitad del siglo XVIII parece una época relativamente más decadente que fines del siglo XVI o el XVII. Hubo dos circunstancias particularmente importantes de este período que seguramente influyeron en la visión mostrada por los expertos alemanes de la minería en los Andes. La primera fue que esta expedición llegó cuando todavía se podían observar las consecuencias de las sublevaciones indígenas de los años 1780. No se trataba únicamente de las minas arrasadas o de los establecimientos destruidos, sino también de una situación social descrita en términos generales por los viajeros como de dominio despótico por parte de los españoles. La segunda fue la importancia que adquirieron los *kajchas* durante el siglo XVIII, cuya actividad dentro de las minas era vista incluso por los mismos mineros potosinos como caótica y que sumaba a esta imagen de saqueo y de trabajo no planificado que presentaban las minas.

El factor costos figura también entre las explicaciones que aparecen en las fuentes históricas. Hemos visto cómo la compleja tecnología de los socavones se conocía y se practicó sólo ocasionalmente, porque los costos eran muy elevados (eran obras “hercúleas”) y se multiplicaban por el hecho de tener que abastecer a los asientos mineros con todo lo necesario, desde los insumos para

las obras hasta la comida para los trabajadores, abastecimiento que se realizaba a veces desde sitios muy lejanos. Este factor pesaba también en la construcción de los ingenios (aunque aparentemente eran obras mucho más baratas que los socavones) y sin embargo esas obras sí se construyeron. En rigor, el balance entre costos, existencia de mano de obra barata (potenciada por la situación colonial) y rendimientos permite suponer que la perduración de prácticas ya conocidas y a veces difíciles de cambiar se debe a que en esas condiciones difícilmente se podían superar los rendimientos alcanzados por la tecnología predominante hasta fines del siglo XVIII.

Aunque todavía hacen falta más trabajos comparativos que pongan el acento en la minería española, podemos decir con relación a las tres matrices mencionadas al comienzo del apartado que ella está mucho más presente de lo que inicialmente pensábamos. Siempre centrándonos en las minas, hemos visto cómo la tecnología de Europa Central se conocía pero no se aplicaba salvo muy marginalmente, tanto en España como en América. Por otra parte, los condicionamientos ambientales y la adaptación a ellos deberían participar como factores que influenciaron fuertemente los caminos que siguió el desarrollo tecnológico, como, por ejemplo, en el poco empleo de fuerza animal o hidráulica en los Andes. Y aunque la tecnología indígena es casi invisible en las fuentes, debería ser objeto de más interés ya que ellos fueron la principal mano de obra experta utilizada en los Andes.

## Bibliografía

- ACOSTA, José de (2006 [1590]): *Historia natural y moral de las Indias*. México: Fondo de Cultura Económica.
- AGRICOLA, Georg (1928): *Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen*. In *neuer deutscher Übersetzung bearbeitet von Carl Schiffner*. Berlin: VDI-Verlag.
- ARZÁNS DE ORSÚA/VELA, Bartolomé (1965): *Historia de la Villa Imperial de Potosí*. Providence: Brown University Press.
- ASSADOURIAN, Carlos Sempat (1983): *El sistema de la economía colonial. El mercado interior, regiones y espacio económico*. México: Editorial Nueva Imagen.
- BAKEWELL, Peter (1984a): "Mining in Colonial Spanish America", en: Bethell, L. (ed.): *The Cambridge History of Latin America, Vol. 2, Colonial Latin America*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 105-151.
- (1984b): *Miners of the red mountain. Indian labour in Potosí, 1545-1650*. Albuquerque: University of New Mexico Press.
- (1986): "Los determinantes de la producción minera en Charcas y Nueva España en el siglo XVII", en: *HISLA*, vol. 8, pp. 3-11.
- (1988): *Plata y empresa en el Potosí del siglo XVII. La vida y época de Antonio López de Quiroga*. Pontevedra: Exma. Diputación Provincial Pontevedra.

- BARGALLÓ, Modesto (1969): *La amalgamación de los minerales de plata*. Monterrey: Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey.
- BUECHLER, Rose Marie (1973): "Technical Aid to Upper Peru: The Nordenflucht Expedition", en: *Journal of Latin American Studies* 5/1, pp. 37-77.
- CAÑETE Y DOMÍNGUEZ, Pedro Vicente (1939): *Potosí Colonial. Guía histórica, geográfica, política, civil y legal del gobierno e intendencia de la provincia de Potosí*. La Paz: Imprenta Artística.
- CAPOCHE, Luis (1959): *Relación General de la Villa Imperial de Potosí. Un capítulo inédito en la historia del Nuevo Mundo*. Madrid: Biblioteca de Autores Españoles, Tomo CXXII.
- COOK, Noble David (1981): *Demographic collapse. Indian Peru, 1520-1620*. Cambridge: Cambridge University Press.
- COLE, Jeffrey (1985): *The Potosí mita, 1573-1700. Compulsory Indian labor in the Andes*. Stanford: Stanford University Press.
- CRUZ, Pablo/ABSI, Pascale (2008): "Cerros ardientes y huayras calladas. Potosí antes y durante el contacto", en: Cruz, Pablo/Vacher, Jean-Joinville (eds.): *Mina y metalurgia en los Andes del Sur, desde la época prehispánica hasta el siglo XVII*. Sucre: IRD/IFEA, pp. 91-120.
- DAUMAS, Maurice (ed.) (1965/1968): *Histoire générale des techniques*. Paris: Presses Universitaires de France, vol. 2/3.
- DOUGNAC RODRÍGUEZ, Antonio (1995): "Derecho minero indiano: Voces técnicas peruanas del siglo XVIII", en: *Memoria del X Congreso del Instituto Internacional de Historia del Derecho Indiano*. México: Universidad Autónoma de México, pp. 387-436.
- FAAK, Margot (1994): "Alexander von Humboldt als Bergmann in Süd- und Mitteleuropa", en: Leitner, Ulrike et al. (eds.): *Studia Fribergensia. Vorträge des Alexander von Humboldt-Kolloquiums in Freiberg vom 8. bis 10. November 1991*. Berlin: Akademie Verlag, pp. 39-51.
- (1986/1990): *Alexander von Humboldt: Reise auf dem Río Magdalena, durch die Anden und Mexico. Aus seinen Reisetagebüchern zusammengestellt und erläutert durch M. Faak*. Berlin: Akademie-Verlag, vol. 1/2.
- FLORES CLAIR, Eduardo (2005): "La representación de la minería americana a través de las obras del Barón de Nordenflucht y Federico Sonneschmidt, a finales del siglo XVIII", en: O'Phelan Godoy, Scarlett/Salazar Soler, Carmen (eds.): *Passeurs, mediadores culturales y agentes de la primera globalización en el mundo Ibérico, siglos XVI-XIX*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú/Instituto Riva Agüero/Instituto Francés de Estudios Andinos, pp. 549-570.
- GICKLHORN, Renée (1963): *Die Bergexpedition des Freiherrn von Nordenflycht und die deutschen Bergleute in Peru*. Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.
- HELMS, Anthony Zachariah (1807): *Travels from Buenos Aires by Potosí to Lima*. London.
- HUMBOLDT, Alexander von (1983): *Chronologische Übersicht über wichtige Daten seines Lebens. Bearbeitet von Kurt-R. Biermann u. a., 2. Auflage*. Berlin: Akademie-Verlag.

- KRÄTZ, Otto (2000): *Alexander von Humboldt. Wissenschaftler – Weltbürger – Revolutionär*. München: Callwey.
- MITTERAUER, Michael (1974): “Produktionsweise, Siedlungsstruktur und Sozialformen im österreichischen Montanwesen des Mittelalters und der frühen Neuzeit,” en: Mitterauer, Michael (ed.): *Österreichisches Montanwesen. Produktion, Verteilung, Sozialform*, Wien: Geschichte und Politik, pp. 234-315.
- MOLLOY, Peter (1986): *The History of Metal Mining and Metallurgy. An Annotated Bibliography*. New York: Garland.
- PLATT, Tristan (1998/1999): “La alquimia de la modernidad. Los fondos de cobre de Alonso Barba y la independencia de la metalurgia boliviana (1780-1880),” en *Población & Sociedad* 6/7, pp. 69-142.
- PLATT, Tristan/QUISBERT, Pablo (2008): “Tras las huellas del silencio: Potosí, los Inkas y el virrey Toledo,” en: Cruz, Pablo/Vacher, Jean-Joinville (eds.): *Mina y metalurgia en los Andes del Sur, desde la época prehispánica hasta el siglo XVII*. Sucre: IRD/IFEA, pp. 231-277.
- ROSENECK, Reinhard (ed.) (2001): *Der Rammelsberg. Tausend Jahre Mensch-Natur-Technik*. 2 vols. Goslar: Verlag Goslarsche Zeitung.
- SALAZAR SOLER, Carmen (2003): “Quilcar los indios: a propósito del vocabulario mineiro andino de los siglos XVI y XVII,” en: Lorandi, Ana/Salazar, Carmen/Wachtel, Nathan (comps.): *Los Andes: cincuenta años después, 1953-2003. Homenaje a John Murra*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, pp. 281-315.
- SALAZAR, Diego/SALINAS Hernán (2008): “Tradición y transformación en la organización de los sistemas de producción mineros en el norte de Chile prehispánico: San José del abra, siglos I al XVI d.C.,” en: Cruz, Pablo/Vacher, Jean-Joinville (eds.): *Mina y metalurgia en los Andes del Sur, desde la época prehispánica hasta el siglo XVII*. Sucre: IRD/IFEA, pp. 163-200.
- SÁNCHEZ GÓMEZ, Julio (1989): *De minería, metalurgia y comercio de metales. La minería no férrea en el Reino de Castilla, 1450-1610*. 2 vols. Salamanca: Instituto Tecnológico Geominero de España, Estudios Históricos y Geográficos.
- TANDETER, Enrique (1992): *Coacción y mercado. La minería de la plata en el Potosí colonial, 1692-1826*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana.
- WALKER, Charles (1999): *De Tupac Amaru a Gamarra. Cuzco y la formación del Perú republicano. 1780-1840*. Cuzco: Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas.
- WEAVER, Brendan (2008): “Ferro Ingenio: an archeological and ethnohistorical of labor and empire in colonial Porco and Potosí”. Tesis de maestría presentada en la Universidad de Western Michigan.